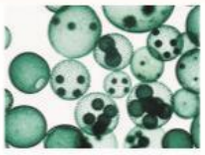
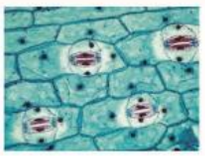
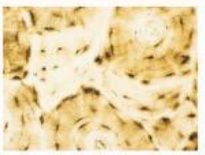
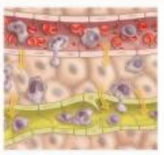
3

1 
De los organismos unicelulares a los pluricelulares

2 
Los tejidos vegetales

3 
Los tejidos animales

4 
La sangre y la linfa. Unos tejidos especiales

La organización pluricelular de los seres vivos

EN PORTADA

De unicelular a pluricelular en 60 días

¿Cómo se pasó de los organismos formados por una única célula a otros formados por billones de ellas, y bien avenidas? Este es un misterio que aún está por resolver. Lo que sí sabemos es que a la naturaleza le costó dar este paso unos 1000 Ma, algo que en el año 2012 un grupo de científicos de la Universidad de Minnesota (EE. UU.) parece haber conseguido en tan solo 60 días.

Las "cobayas" utilizadas fueron *Saccharomyces cerevisiae* (las levaduras que se usan en la fabricación de la cerveza y del pan), que fueron sometidas a la fuerza de la gravedad como presión evolutiva.

Los investigadores dejaron crecer las levaduras en un frasco con nutrientes y en agitación. A las 24 horas observaron que algunas células se habían organizado en grupos que, al pesar más, se hundían más rápidamente que el resto. Traspasaron las células del fondo a un frasco nuevo y las dejaron crecer 24 horas más. Este proceso lo repitieron 60 veces en 10 frascos distintos. A las pocas semanas se dieron cuenta de que la mayoría de las levaduras ya no crecía individualmente sino formando grupos que se comportaban como individuos.

Los grupos formados desarrollaban una cierta división del trabajo. Por ejemplo, para reproducirse, una o varias células se desgajaban del grupo parental y formaban otro individuo distinto. La rotura que permitió liberarse a algunas células se originó porque otras células morían, es decir, sufrían **apoptosis** (suicidio celular). ¡Unas células mueren para que otras puedan vivir!

La existencia de la vida multicelular se rige por las leyes de un "comunismo" biológico donde el interés del "pueblo" está claramente por encima de las necesidades individuales. Si no es así, el invento no funciona.

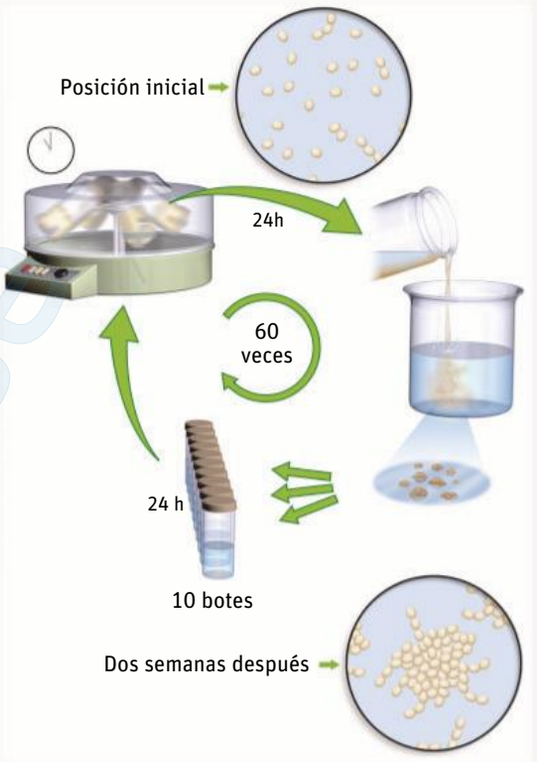


Figura 3.1. Experimento con levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* sometidas a la acción de la gravedad.

En la Web

Observa cómo la formación de cúmulos de levaduras puede suceder a gran velocidad.

www.e-sm.net/svbg1bach03_01

1. Un grupo de células unidas no tiene por qué ser un organismo pluricelular. ¿Qué característica marca la transición hacia la pluricelularidad?
2. Utiliza los datos de la experiencia para justificar esta afirmación: "La existencia de la vida multicelular se rige por las leyes de un «comunismo» biológico".
3. ¿Qué ventajas y qué inconvenientes debió suponer el salto a la pluricelularidad en los seres vivos?
4. ¿Qué papel desempeña la apoptosis en la evolución del cúmulo de levaduras?

Cúmulo de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* con células sufriendo apoptosis (color verde claro).

1 De los organismos unicelulares a los pluricelulares

Varias cosas a la vez...

Quizá te parezca de lo más normal, pero poder estar leyendo esta página al mismo tiempo que respiras, digieres la comida y se cicatriza esa pequeña herida que te hiciste no es nada sencillo.

De hecho, es el resultado de uno de los cambios más revolucionarios de la historia de la vida: la aparición de la pluricelularidad. ¿Cómo surgió? ¿Qué ventajas aportó este cambio?

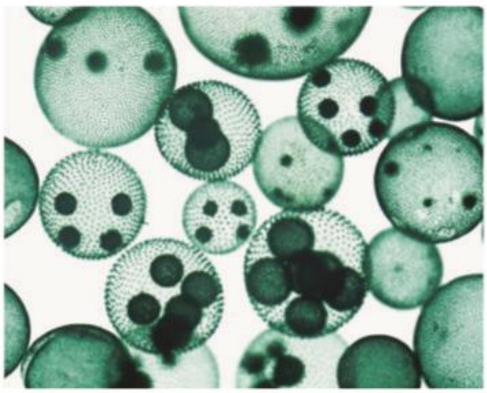


Figura 3.2. *Volvox* es un alga, con organización colonial compuesta de miles de células en las que solo unas pocas se reproducen.

En un **organismo unicelular**, todas las actividades vitales corren a cargo de una única célula; tras su división, las dos células resultantes inician una vida independiente.

Por el contrario, un **organismo pluricelular** o **multicelular** está constituido por varias células originadas por proliferación de una primera célula, el **cigoto**. Tras su división, las células se mantienen juntas, se reparten las actividades vitales y trabajan de forma coordinada para el mantenimiento de un único organismo.

Es probable que los primeros pluricelulares surgieran bien a consecuencia de una división celular incompleta, en la que las células hija no se separaron una vez formadas, o bien por la unión de diferentes organismos unicelulares. Estos organismos podrían ser de la misma especie, lo que formaría una colonia, o de especies diferentes.

1.1. Ventajas e inconvenientes de ser pluricelulares

El origen de la pluricelularidad aportó a los organismos beneficios como:

- **La división del trabajo**. Abrió la posibilidad de llevar a cabo simultáneamente varios procesos que en una sola célula resultan incompatibles. Así, un unicelular debe "escoger" entre moverse y dividirse, porque utilizan los mismos componentes del citoesqueleto. En cambio, un pluricelular puede tener unas células especializadas en el movimiento y otras en la división, y realizar a la vez ambas funciones.
- **El aumento del tamaño corporal**. Permitió colonizar un nicho ecológico hasta entonces no explotado, que es el de las formas de vida de mayor tamaño, y así resultar demasiado grande para ser comido por los unicelulares.

La pluricelularidad también acarreó inconvenientes derivados, fundamentalmente, del "conflicto de intereses" que surge entre células que trabajan para un único organismo. El principal reto que se planteó fue desarrollar **mecanismos de control** que asegurasen la comunicación y cooperación, y el buen funcionamiento del conjunto.

COMPARAR

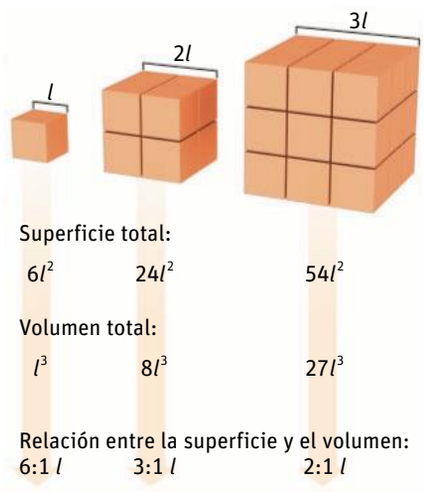
5. El tamaño sí importa

El ritmo al que los nutrientes necesarios entran en la célula y se expulsan los desechos depende, en gran medida, de su superficie.

Sin embargo, el ritmo al que se usan los nutrientes y se producen desechos depende del volumen de la célula.

a) Cuando se duplica el lado de un cubo, ¿cuánto aumenta su superficie? ¿Y su volumen?

b) Redacta un texto para justificar la limitación del tamaño corporal en los organismos unicelulares.



1.2. La diferenciación conduce a la especialización

Las células que forman un organismo proceden por división mitótica del cigoto y, por tanto, reciben copias idénticas de su ADN. ¿Cómo pueden llegar a ser tan diferentes?

El ADN de las células es comparable a un libro con instrucciones. En un pluricelular unas células "leen" y "ponen en marcha" las instrucciones contenidas en unos "capítulos" y, otras células, "leen" las contenidas en otros "capítulos". Así, cada célula expresa solo una parte de la información, mientras otra parte permanece inactiva. Esta es la base del proceso llamado **diferenciación** que conduce a la **especialización** celular.

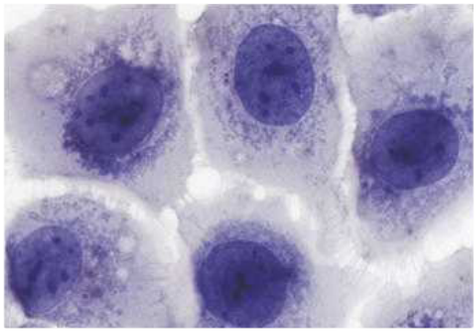


Figura 3.3. Microfotografía óptica de células epidérmicas (x 1000).

Figura 3.4. Microfotografía de espermatozoides humanos al MEB (x 800).

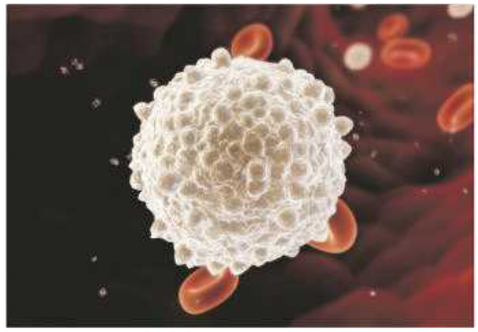


Figura 3.5. Microfotografía de glóbulo blanco al MEB (x 1000).

Una célula especializada, como por ejemplo una célula de la piel, se caracteriza por:

- **Hacer un trabajo determinado**. Recubren y protegen la superficie del cuerpo.
- **Desarrollar una forma característica**. Las células de la piel tienen forma poliédrica y se disponen como las losas de un pavimento.
- **Producir cambios en su citoplasma**. Estos cambios se relacionan con la diferente actividad de los distintos orgánulos. En las células de la piel se fabrica queratina, una proteína que da resistencia a las células y determina su función protectora.

A la vez que se especializan, las células **pierden la capacidad de realizar otras funciones** y, en último término, la capacidad de dividirse.

Reciben el nombre de **tejidos** los conjuntos de células especializadas, generalmente de un solo tipo, que se organizan para realizar una función común.

1.3. Células madre y meristemas

No todas las células de un organismo se especializan. Existen células no diferenciadas que mantienen la capacidad de dividirse y de originar células especializadas.

Las células animales indiferenciadas se conocen como **células madre** o **troncales**. Son células comunes en los embriones que también existen en los adultos, a pesar de que su capacidad de especializarse disminuye progresivamente durante el desarrollo.

En las plantas, las poblaciones de células no diferenciadas se llaman **meristemas** y dan lugar a las diversas estructuras formadas por células especializadas que se desarrollan a lo largo de la vida. A diferencia de lo que ocurre en los animales, la mayoría de las células vegetales especializadas son capaces de "desdiferenciarse".

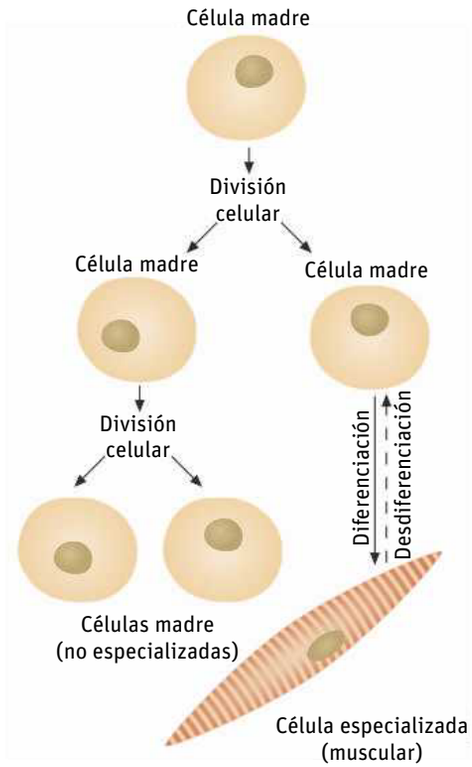


Figura 3.6. Las células madre pueden originar células que se mantengan indiferenciadas o que se diferencien y den lugar a células especializadas.

ACTIVIDADES

6. ¿Qué puede llevar a vivir juntos a dos organismos unicelulares de diferentes especies?

7. ¿Por qué a pesar de que todas las células de tu cuerpo tienen la misma información genética pueden ser tan diferentes unas de otras?

2 Los tejidos vegetales

En la Web

Esta dirección permite observar, ampliar y comparar tejidos vegetales.

www.e-sm.net/svbg1bach03_02

Figura 3.7. Las células de parénquima de una sección de tallo se dividen para dar una masa de células indiferenciadas de donde brotarán las raíces.

Inicialmente, un vegetal está formado únicamente por **células meristemáticas** o embrionarias. Cada vez que una de estas células indiferenciadas se divide, una de las hijas permanece en el meristema y la otra se diferencia. Las plantas crecen continuamente porque mantienen los **meristemas** durante toda su vida.

Las células de los meristemas son pequeñas, tienen forma poliédrica y poseen paredes finas y numerosas vacuolas. Existen dos tipos de meristemas:

- **Meristemas apicales**. Son responsables del crecimiento en longitud, o primario, de la planta. Se localizan en los extremos de la raíz y del tallo.
- **Meristemas laterales**. Son los responsables del crecimiento en grosor, o secundario. Están distribuidos por toda la planta. Hay dos tipos:
  - El **cámbium vascular** que produce tejido conductor.
  - El **cámbium suberoso** que da origen al súber o corcho.

Los meristemas dan lugar a tres grandes **grupos** o **sistemas de tejidos** que se extienden por todo el cuerpo de la planta: fundamental, vascular y dérmico.

2.1. El sistema de tejidos fundamentales

En los **tejidos fundamentales** sucede la mayor parte de la **fotosíntesis**, así como el almacenamiento de reservas. Este sistema lo componen tres tipos de tejidos:

- El **parénquima**. Las células parenquimáticas (Fig. 3.8) tienen una pared bastante delgada y son las más abundantes y versátiles en las plantas. Son **totipotentes**, lo que significa que pueden desdiferenciarse y recuperar la capacidad de dividirse y diferenciarse en todos los tipos celulares que forman un organismo completo (Fig. 3.7). Según el contenido de su citoplasma, desempeñan funciones diferentes, como la fotosíntesis, el almacenamiento de reservas o la secreción.
- El **colénquima**. Las células colenquimáticas (Fig. 3.9) están vivas, tienen forma alargada y paredes desigualmente engrosadas. Actúan como soporte de los órganos jóvenes en crecimiento.
- El **esclerénquima**. Las células esclerenquimáticas (Fig. 3.10) tienen una pared gruesa y dura. Suelen estar muertas y actúan como refuerzo y soporte de las partes del vegetal que han dejado de crecer. El esclerénquima incluye dos tipos celulares:
  - Las **fibras**, de forma alargada y dispuestas en cordones, son la materia prima para muchas fibras textiles, como el cáñamo o el lino.
  - Las **esclereidas**, de forma variable, se encuentran dispersas por el tejido fundamental. Abundan en las cubiertas de las semillas, como la cáscara de nuez, y dan su textura arenosa a algunas frutas, como la pera.

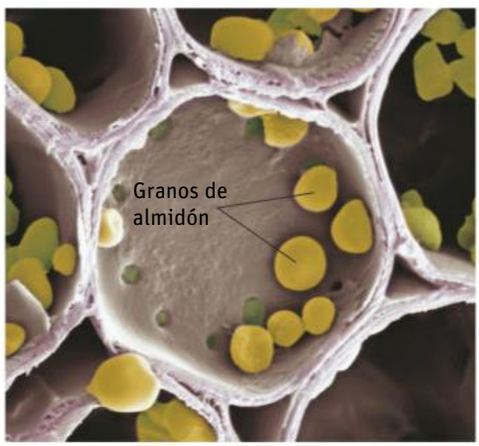


Figura 3.8. Microfotografía al MEB de parénquima (falso color) (x 300).

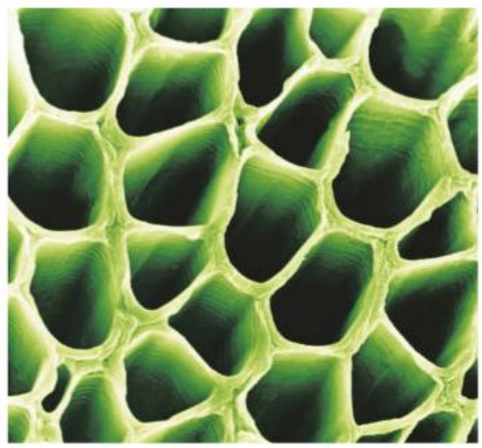


Figura 3.9. Microfotografía al MEB de colénquima, corte transversal (falso color) (x 225).

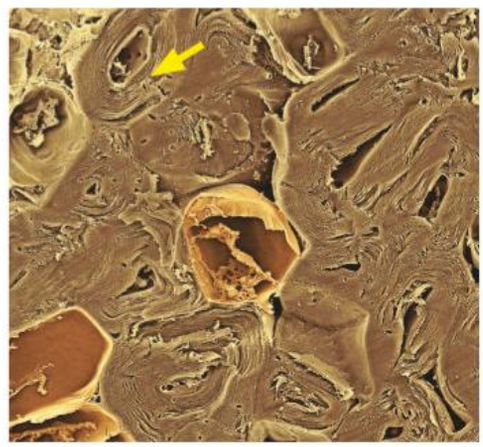


Figura 3.10. Microfotografía al MEB de esclerénquima (falso color) (x 320).

2.2. El sistema de tejido vascular

El tejido vascular desempeña funciones relacionadas con el transporte de larga distancia dentro de la planta. Lo forman dos tejidos conductores:

- El **xilema** conduce el agua y las sales minerales desde las raíces hasta el tallo y las hojas. La célula más característica del xilema es la **tráquea** o **elemento del vaso**.

  Las tráqueas son células alargadas, que se disponen una a continuación de la otra, cuyas paredes poseen engrosamientos discontinuos en forma de anillos o en espiral. En la madurez, pierden su citoplasma y disuelven sus paredes terminales formando tubos continuos llamados **vasos**.

- El **floema** transporta los productos de la fotosíntesis, las señales químicas y otras sustancias a todas las partes de la planta. La célula característica del floema es la **célula cribosa**.

  Al igual que los elementos del vaso, estas células son largas y delgadas y se encuentran, extremo con extremo, formando tubos. Los citoplasmas de las células vecinas se comunican a través de sus extremos perforados, las llamadas **áreas cribosas**.

  A pesar de carecer de la mayoría de los orgánulos propios de las células, las células cribosas se mantienen vivas. Su conexión a células parenquimáticas vecinas les aporta todo lo necesario.

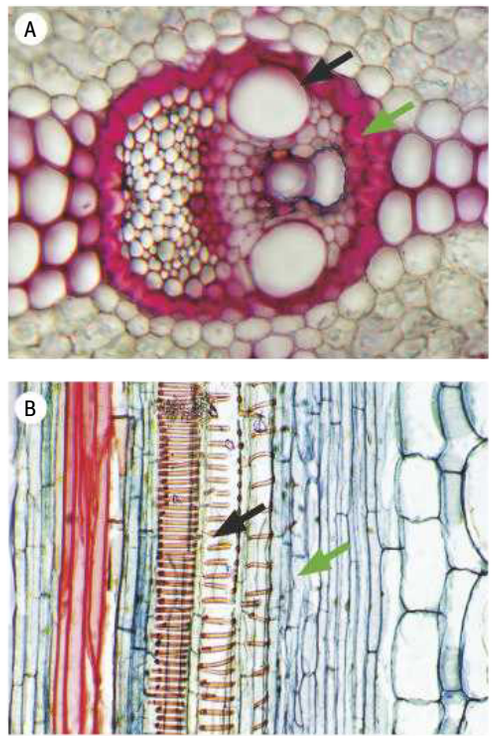


Figura 3.11. Microfotografías ópticas de un corte transversal (A) y un corte longitudinal (B) de un tallo en la que se observa el xilema (flecha negra) y el floema (flecha verde). (A, x 75; B, x 75).

2.3. El sistema de tejido dérmico

La función principal del tejido dérmico es proteger a la planta de la pérdida de agua, de agentes patógenos y de los herbívoros. Lo forman dos tipos de tejidos:

- La **epidermis**. Es la cubierta más externa del vegetal joven. Está formada por una sola capa de células, aplanadas y fuertemente unidas, cuyas paredes externas están recubiertas por una **cutícula**. La cutícula está formada por lípidos, similares a las ceras, que protegen de la pérdida de agua. Intercaladas entre las células epidérmicas aparecen otros tipos celulares que forman:
  - Los **estomas** o poros (Fig. 3.12). Están formados por una pareja de células clorofílicas con forma arriñonada, denominadas **células oclusivas** o **de guarda**. Los cambios de turgencia de estas células modifica el espacio que dejan entre ellas, el **ostiolo**. Así se regula el intercambio de gases entre el interior y el exterior de la planta.
  - Los **tricomas** o pelos poseen funciones muy diversas. Los pelos radicales facilitan la absorción de agua y sales del suelo; otros pelos tienen función secretora, protegen contra la pérdida de humedad o defienden a la planta del ataque de insectos.
- La **peridermis**. Reemplaza a la epidermis en los tallos y raíces con crecimiento secundario. Está formada fundamentalmente por **súber**, o corcho protector. Sus células, que están muertas, poseen paredes muy gruesas e impregnadas de lípidos similares a las ceras.

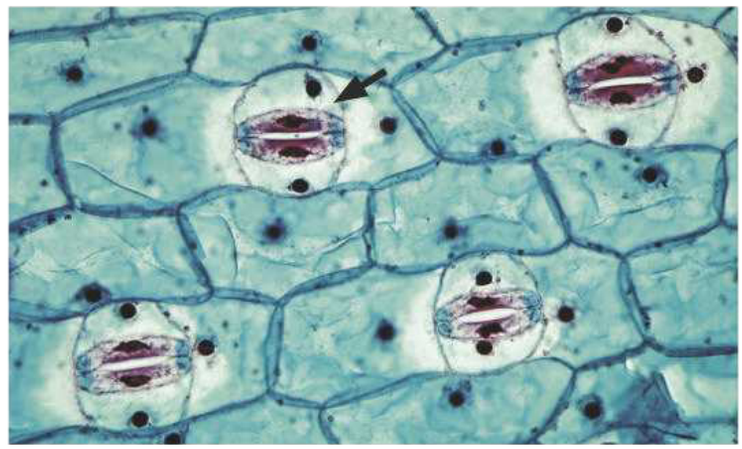


Figura 3.12. Microfotografía óptica de la dermis de una hoja, en la que se observan abundantes estomas (x 60).

ACTIVIDADES

8. Indica en qué lugares de una planta joven se localizan los meristemas.

9. Señala alguna de las características que permiten distinguir un vaso conductor de savia bruta de otro por el que circula savia elaborada.

10. ¿Qué es un estoma? ¿Cómo es su estructura? ¿Cuál es su función principal?

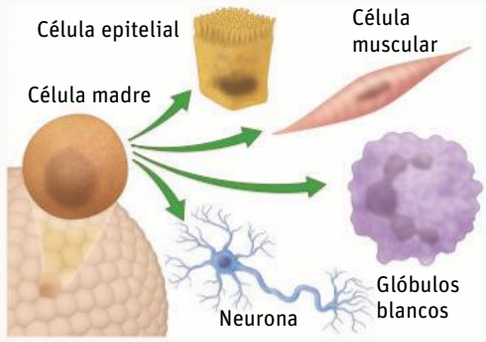
3 Los tejidos animales

Un reto con polémica

En 1998 James Thomson y su equipo de la Universidad de Wisconsin lograron por primera vez obtener células madre a partir de embriones de pocos días; cultivadas en condiciones adecuadas esas células mantienen *in vitro* su ilimitada capacidad de multiplicarse a la vez que su capacidad para diferenciarse en cualquier tipo de células del organismo humano.

Pronto los investigadores comprendieron la enorme utilidad potencial que tendría la combinación de esa técnica con la clonación. Si un paciente necesita un trasplante y el blastocito del que se obtienen las células madre fuera un clon del paciente, esos tejidos se le podrían trasplantar sin ningún riesgo de rechazo. Desde entonces los científicos trabajan por conseguirlo, no sin polémica.

En la sección final de "La ciencia y sus métodos" se profundiza en la postura de la ciencia frente a temas como este.



Las células madre del blastocito pueden diferenciarse en cualquiera de los tipos celulares.

En los animales la diversidad de especializaciones celulares es extraordinaria. En un vertebrado se pueden distinguir más de 200 tipos celulares que se agrupan en unos pocos tipos de tejidos: **tejidos epiteliales**, **tejidos musculares**, **tejido nervioso** y **tejidos conectivos**.

3.1. Los tejidos epiteliales

Los tejidos epiteliales cubren tanto la superficie corporal como los órganos internos y forman las glándulas. Según su función se clasifican en dos tipos:

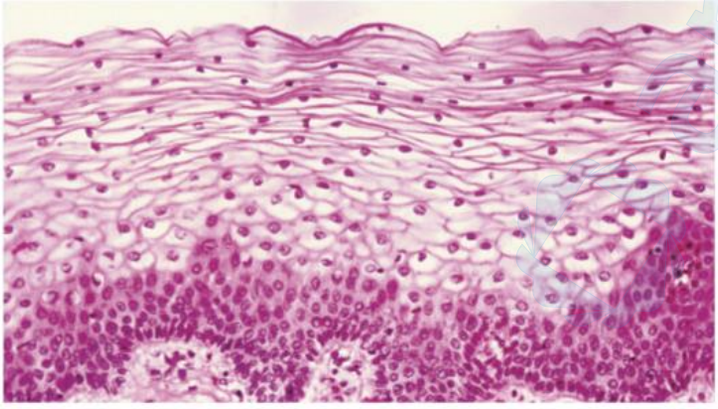


Figura 3.13. Microfotografía óptica de un epitelio estratificado de vagina (x 200).

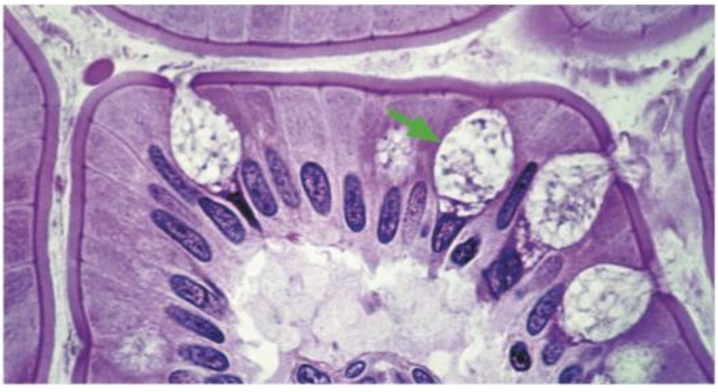


Figura 3.14. Microfotografía óptica de células epiteliales glandulares dispersas de intestino (x 250).

Epitelios de revestimiento

Sus células están fuertemente unidas entre sí formando una o más capas. Por ejemplo:

- La pared de los capilares y el epitelio que tapiza los pulmones, conocido como **endotelio**, está formado por **una sola capa** de **células aplanadas**. Los endotelios protegen pero, a la vez, permiten el intercambio de sustancias.
- El recubrimiento interno de la tráquea o del intestino lo compone **una capa** de células epiteliales con forma de prisma. En la cara que da a la luz del tubo, las células poseen, respectivamente, cilios o micropliegues conocidos como **microvellosidades**.
- La capa más externa de la piel, la **epidermis**, o la que tapiza cavidades como la boca, el esófago o la vagina (Fig. 3.13), está formada por **varias capas** de células estratificadas. Las de la capa más profunda están en continua división y las nuevas células empujan a las más antiguas que se van cargando de queratina y acaban por morir y desprenderse. De esta forma, proporcionan una gran resistencia a la abrasión mecánica.

Epitelios glandulares

Las células epiteliales glandulares producen secreciones diversas, como enzimas u hormonas. Pueden encontrarse dispersas o asociadas formando **glándulas** de las que existen dos tipos:

- Las **glándulas endocrinas**, o de secreción interna, elaboran sustancias que se vierten directamente a la sangre.
- Las **glándulas exocrinas**, o de secreción externa, elaboran sustancias que se vierten al exterior, es decir, a la piel o al tubo digestivo (Fig. 3.14).

3.2. Los tejidos musculares

El tejido muscular es el responsable de los movimientos. Está formado por células alargadas, llamadas **fibras**, especializadas en la contracción. Hay tres tipos de tejidos musculares:

- El **muscular esquelético**. Sus células son muy largas, cilíndricas y plurinucleadas y muestran al microscopio un bandeado o estriación transversal. Cada fibra contiene en su citoplasma centenares o miles de elementos contráctiles llamados **miofibrillas**. Es responsable del movimiento del esqueleto y su contracción es voluntaria.
- El **muscular cardíaco**. Con células similares a las del esquelético, pero más cortas, uninucleadas y estrechamente conectadas unas a otras en forma de red. Es exclusivo del corazón de los vertebrados. Su contracción es involuntaria.
- El **muscular liso**. Sus células no presentan estriación transversal y terminan en punta. Es el tipo más común en los invertebrados. En los vertebrados forma parte de la pared de órganos como los vasos sanguíneos, el intestino o el útero. Su contracción se realiza sin control consciente.

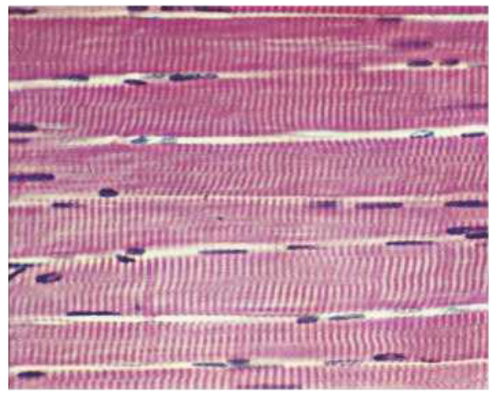
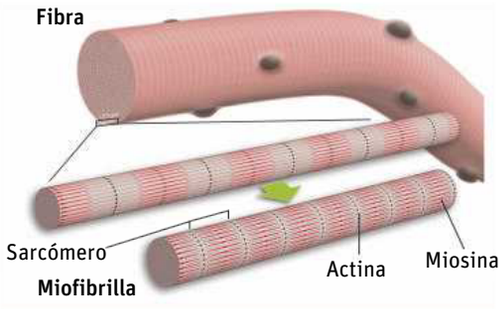


Figura 3.15. Microfotografía óptica de tejido muscular estriado (x 360).

DIFERENCIAR



11 . Cambios durante la contracción

Las miofibrillas contienen dos tipos de filamentos proteicos: los miofilamentos gruesos, de miosina, y los miofilamentos finos, de actina. Estos filamentos se disponen de manera ordenada en una sucesión repetida de unidades denominadas sarcómeros. El esquema muestra un fragmento de miofibrilla antes y después de su contracción.

a) Describe los cambios producidos en las miofibrillas durante el proceso de contracción y de relajación.

b) ¿A qué se debe la estriación transversal de este tipo de las fibras? ¿Tendrá el mismo aspecto cuando esté relajada que cuando esté contraída?

3.3. El tejido nervioso

Es un tejido especializado en la recepción de estímulos y en la conducción de estos estímulos de una parte del cuerpo a otra. Está formado por células nerviosas, conocidas como **neuronas**, y varios tipos de células de apoyo que forman la **neuroglia**.

- La **neurona**. Es la unidad funcional básica del sistema nervioso. Del cuerpo neuronal, o **soma**, se extienden una o más prolongaciones, denominadas **dendritas**, que son capaces de recibir estímulos.

  La neurona transforma los estímulos recibidos en impulsos nerviosos que son transportados a través de una larga prolongación, denominada **axón**, desde el cuerpo neuronal hasta otra célula nerviosa o un órgano efector, como una glándula o un músculo.
- La **neuroglia**. Es una variedad de células no nerviosas que desempeñan funciones metabólicas, de soporte y protección de las neuronas; por ejemplo, las **células de Schwann** que envuelven el axón de muchas neuronas.

Figura 3.16. Microfotografía óptica de tejido nervioso.

ACTIVIDADES

12. ¿Qué función desempeñarán las microvellosidades del epitelio intestinal? ¿Y los cilios del epitelio de la tráquea?

13. ¿Qué orgánulos estarán especialmente desarrollados en las células del epitelio glandular? ¿Y en las fibras musculares?

14. Explica con ejemplos la diferencia entre una glándula endocrina y una exocrina.

aprue

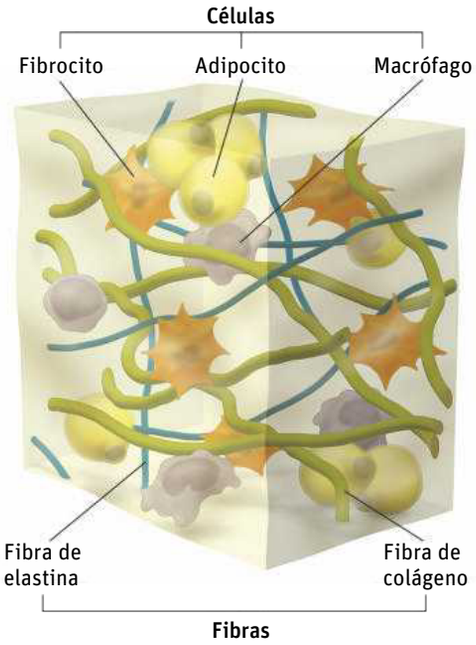


Figura 3.17. Modelo de tejido conectivo.

3.4. Los tejidos conectivos

Constituyen un conjunto variado de tejidos con funciones de unión y de soporte (Fig. 3.17). Todos ellos presentan algunas características comunes:

- Las **células** están dispersas, en número relativamente escaso y presentan gran variedad.
- El espacio entre las células lo ocupa una **sustancia intercelular** o **matriz**, producida por las propias células y formada por:
  - **Fibras de proteína**, que le confieren a la vez resistencia y elasticidad. Las más abundantes son las de **colágeno**, más resistentes, y las de **elastina**, más elásticas.
  - **Sustancia fundamental gelatinosa**, rica en polisacáridos, en la que se encuentran inmersas las fibras proteicas.

Son tejidos conectivos o conjuntivos: el tejido **conjuntivo** (propiamente dicho), el tejido **adiposo**, el **cartilaginoso** y el **óseo**. La sangre y la linfa también pueden considerarse tejidos conectivos pues están formados por diferentes tipos celulares inmersos en una matriz extracelular líquida, el plasma.

El tejido conjuntivo

El tejido conjuntivo, o conectivo no especializado, incluye dos tipos de tejidos: el conjuntivo laxo y el conjuntivo denso.

- El **tejido conjuntivo laxo** (Fig. 3.18) es el material de relleno del cuerpo. Posee abundante sustancia fundamental gelatinosa en la que están inmersos nervios, vasos sanguíneos y órganos en general. Además, contiene varios tipos celulares característicos como:
  - Los **fibrocitos**. Son células fijas de forma estrellada o fusiforme responsables de la fabricación de la sustancia intercelular.
  - Los **macrófagos**. Son células errantes que proceden de un tipo de glóbulos blancos y fagocitan células dañadas y agentes patógenos.
  - Los **adipocitos**. Son células grandes, redondeadas y contienen una gota de grasa que ocupa todo su citoplasma. Si el tejido conjuntivo laxo es especialmente rico en adipocitos se denomina **tejido adiposo** (Fig. 3.19). El tejido adiposo forma el **panículo**, una capa situada por debajo de la piel, y la médula amarilla de los huesos que conocemos como tuétano.

En la Web

En esta dirección puedes encontrar un atlas histológico interactivo que permite la observación a diferentes aumentos.

www.e-sm.net/svbg1bach03_03

Figura 3.18. Microfotografía óptica de tejido conjuntivo laxo (x 240).

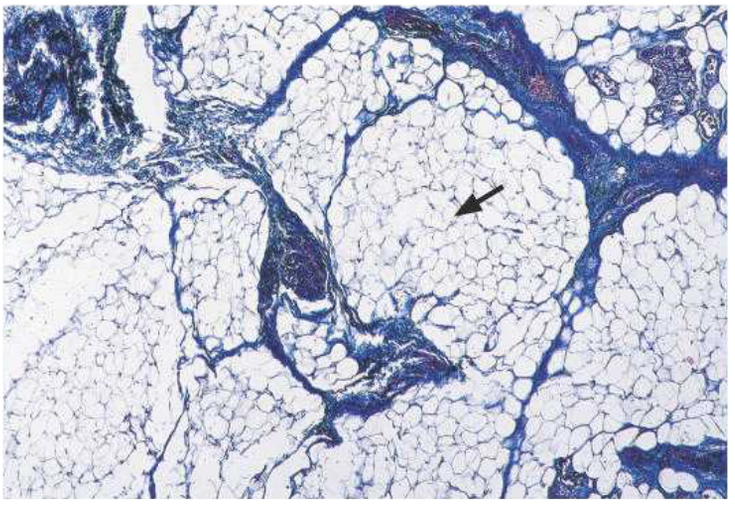


Figura 3.19. Microfotografía óptica de tejido adiposo (x 420).

- El **tejido conjuntivo denso** forma los tendones y ligamentos. Posee abundantes fibras colágenas muy largas y dispuestas de forma apretada.

El tejido cartilaginoso

El tejido cartilaginoso (Fig. 3.20) es blando y flexible y forma el esqueleto de algunos peces, como los tiburones, y de los embriones de todos los vertebrados. En los vertebrados adultos forma las superficies de articulación de los huesos y los anillos de soporte de la laringe, la tráquea y los bronquios.

Sus células características son los **condrocitos**. La sustancia intercelular contiene fibras proteicas inmersas en una sustancia fundamental semisólida que da consistencia al tejido. Los condrocitos forman grupos, originados a partir de la misma célula, que quedan atrapados en pequeños huecos o lagunas por la sustancia intercelular. Carece de vasos sanguíneos y nervios, por lo que su nutrición depende del tejido conjuntivo cercano.

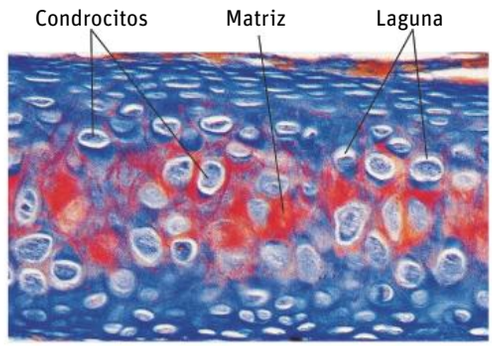
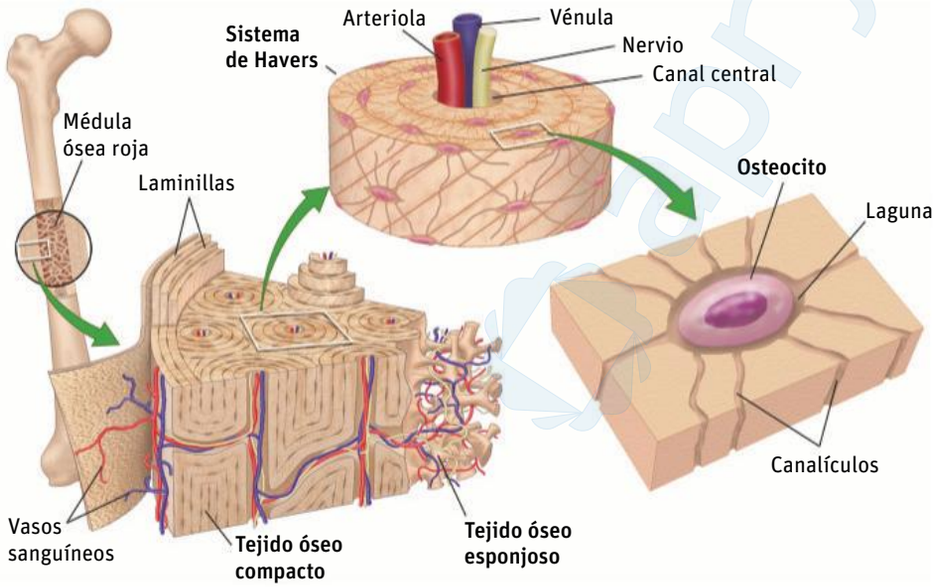


Figura 3.20. Microfotografía óptica de tejido cartilaginoso (x 400).

El tejido óseo

El tejido óseo (Fig. 3.21) es el más resistente de los tejidos conectivos de los vertebrados debido a que su sustancia intercelular está mineralizada por la deposición de sales de calcio. La mayoría de los huesos se desarrollan a partir del cartílago del embrión al que sustituyen para formar el esqueleto adulto. Hay dos tipos de tejido óseo:

- El **tejido óseo compacto** se encuentra fundamentalmente en la porción central, o diáfisis, de los huesos largos. Está formado por conjuntos de finas láminas de matriz calcificada dispuestas en forma de anillos concéntricos (Fig. 3.21). Estas laminillas están surcadas por pequeñas lagunas que contienen las células óseas u **osteocitos**. Las lagunas están comunicadas entre sí por finos canales.



Cada conjunto de laminillas forma una estructura cilíndrica llamada **sistema de Havers** por cuya parte central discurren vasos sanguíneos y nervios. Un hueso compacto está formado por conjuntos de sistemas de Havers fuertemente unidos entre sí y conectados por vasos y nervios.

El tejido óseo es un tejido vivo bien vascularizado. Los nutrientes llegan a las células a través de los canalículos y permiten su crecimiento y reparación incluso tras haber sufrido grandes daños.

- El **tejido óseo esponjoso** se encuentra fundamentalmente en los extremos, o epífisis, de los huesos largos y en los huesos planos. Está formado por placas de hueso compuesto por laminillas de matriz ósea, lagunas y osteocitos. Las placas se disponen dejando huecos interconectados ocupados por la **médula ósea roja**. Este tejido contiene células madre capaces de diferenciarse en todos los tipos de células sanguíneas.

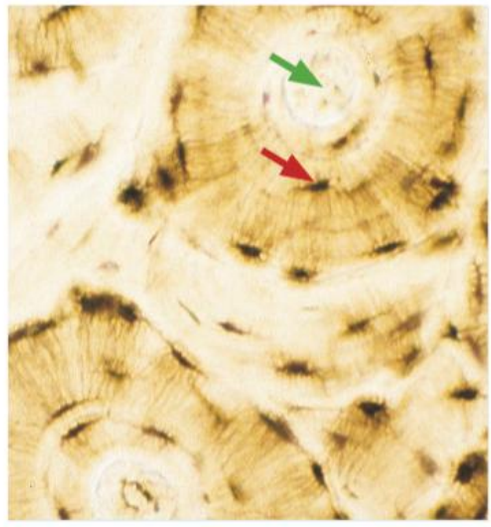


Figura 3.21. Microfotografía óptica de tejido óseo compacto (x 200).

ACTIVIDADES

15. ¿Qué características comparten los tejidos conectivos?

16. ¿Por qué los cartílagos son siempre de escaso grosor?

17. Indica a qué tejidos corresponden los siguientes tipos celulares: osteocitos, adipocitos, condrocitos y fibrocitos.

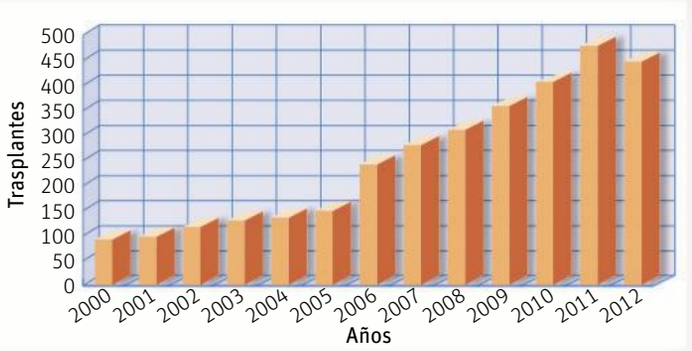
18. ¿Qué es la médula ósea roja?

4 La sangre y la linfa. Unos tejidos especiales

Fuente inagotable de células sanguíneas

Si la médula ósea roja deja de producir células sanguíneas, es necesario hacer un trasplante.

Según el Registro oficial de Donantes de Médula Ósea en España (REDMO), solo uno de cada cuatro pacientes que precisan de un trasplante tiene un donante familiar. Para el resto de pacientes, la donación de médula ósea a partir de un donante no emparentado es la única posibilidad de curación. Sin embargo, España no ocupa aún un lugar acorde con su nivel de desarrollo en lo que se refiere al número de donantes de médula. Solo el 20 % de los trasplantes de médula que se hicieron en 2012 en nuestro país procedía de donantes españoles.



Evolución de los trasplantes de donantes no emparentados realizados en España (2000-2012).

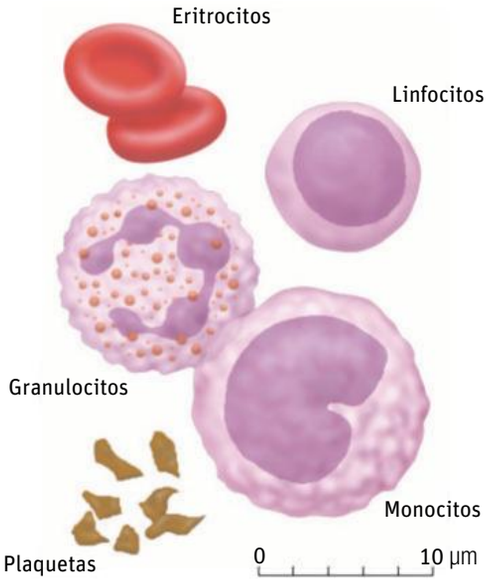


Figura 3.22. Elementos formes de la sangre. El núcleo, la forma y el tamaño permiten identificar las diferentes células sanguíneas.

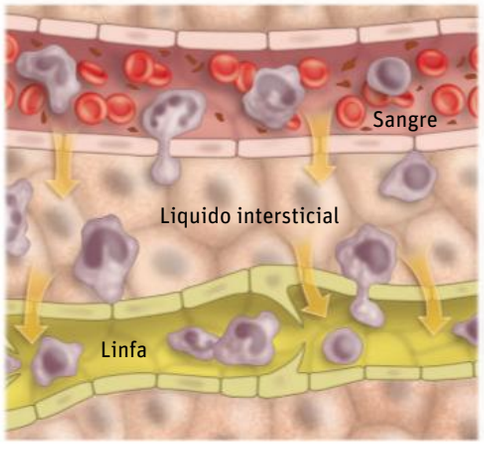


Figura 3.23. El plasma (flecha amarilla) escapa de los capilares sanguíneos y retorna a la circulación por los capilares linfáticos.

La **sangre** y la **linfa** son tipos especiales de tejidos conectivos. Debido a que circulan por el interior de vasos se los conoce como **tejidos vasculares**.

4.1. La sangre

La sangre de los vertebrados está formada por una parte líquida, el **plasma sanguíneo**, y otra celular, los **elementos formes**.

- El **plasma** es un líquido de color amarillo claro. Está compuesto por un 90 % de agua, un 7 % de proteínas y el 3 % restante lo forman otros compuestos como: glucosa, sales minerales, lípidos, y gases como el oxígeno y el dióxido de carbono.
- Los **elementos formes** son:
  - Los **glóbulos rojos**, contienen hemoglobina, encargada del transporte del oxígeno.
  - Los **glóbulos blancos** o leucocitos. Realizan funciones defensivas.
  - Las **plaquetas** o trombocitos que inician la coagulación de la sangre.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS CÉLULAS SANGUÍNEAS EN LOS HUMANOS

Elementos formes		Diámetro	Número por mm³		Características
Glóbulos rojo o eritrocitos		7 µm	5 000 000		Células sin núcleo, de forma bicóncava
Leucocitos	Granulocitos	12-14 µm	6 000 a 8 000	70 %	Células con núcleo lobulado y numerosas granulaciones en el citoplasma
	Linfocitos	6-8 µm		24 %	Células con un gran núcleo esférico y sin granulaciones
	Monocitos	15 µm		4-8 %	Células con núcleo arriñonado y sin granulaciones en el citoplasma
Plaquetas o trombocitos		2-3 µm	300 000		Fragmentos celulares

4.2. La linfa

La parte líquida de la linfa de los vertebrados es prácticamente igual al plasma. Sus células son, solo, **linfocitos** que se fabrican en unos ganglios dispuestos a intervalos regulares a lo largo de los vasos linfáticos. La linfa ejerce importantes funciones:

- **Drena** el excedente del líquido intersticial y asegura el retorno de las proteínas a la sangre, ya que las paredes de los capilares linfáticos son muy permeables y permiten a las proteínas del líquido intersticial pasar a su interior.
- Colabora con sus linfocitos en la **defensa** del organismo.

5 Identificación de tejidos

Las imágenes obtenidas con el microscopio óptico nos proporcionan información con la que podemos identificar el tejido de que se trata e incluso detectar algunas anomalías.

smSaviadigital.com PRACTICA
En esta animación podrás reconocer tejidos a través del microscopio.

LA CIENCIA Y SUS MÉTODOS

Cómo identificar tejidos animales

Identificar un tejido no siempre es fácil. Nos ayudará seguir algunas pautas antes y durante el procedimiento:

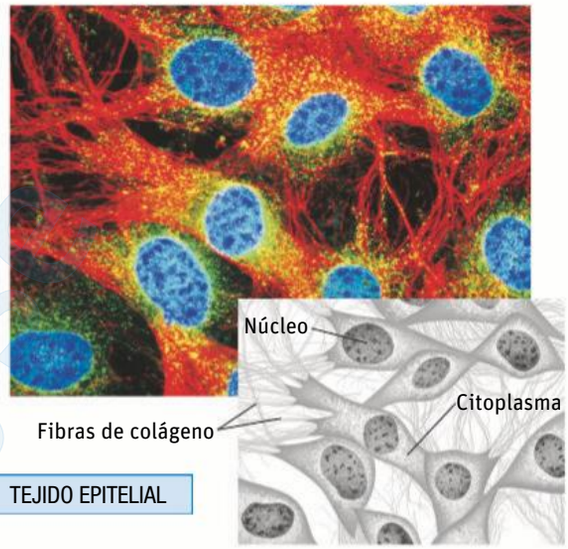
1.º Antes de iniciar la identificación, debemos prestar atención a los aumentos a los que se ha tomado la fotografía, ya que son el punto de referencia para comenzar el estudio.

2.º Localizamos las células. El **núcleo** es la estructura que suele resultar más patente y, normalmente, hay uno por célula. Localizar el núcleo nos ayudará a delimitar las células.

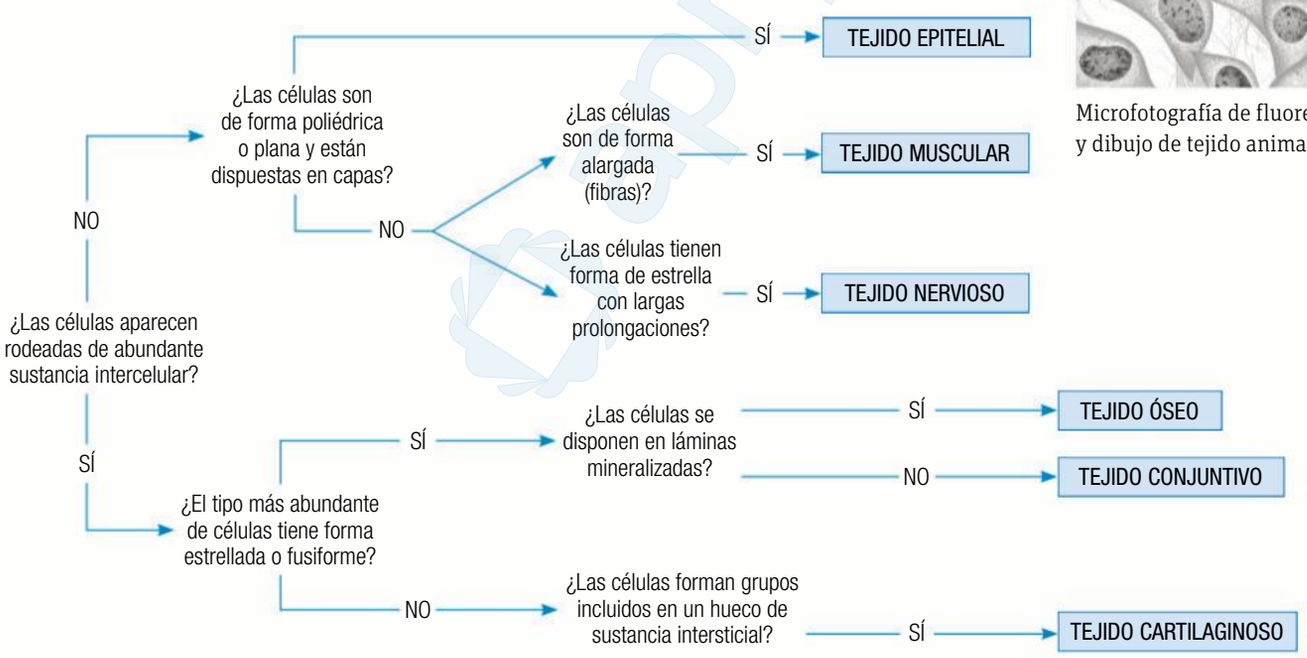
3.º Identificamos la sustancia intercelular. Descubrir la presencia o ausencia de **sustancia intercelular** es clave para hacer una primera selección del tipo de tejido. Por ejemplo, los tejidos conectivos poseen abundante sustancia intercelular mientras que en otros, como los epiteliales, las células están juntas.

4.º Una vez finalizada la identificación, es importante que realicemos un dibujo esquemático y situemos en él las estructuras más significativas.

Este sencillo diagrama nos puede ayudar a seguir estas pautas.



Microfotografía de fluorescencia y dibujo de tejido animal (x 230).

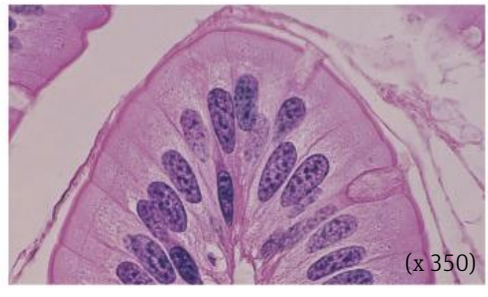


ACTIVIDADES

19. Utiliza el diagrama para identificar el tejido de esta figura.

20. Haz un dibujo esquemático a partir de la imagen microscópica de este tejido y localiza en él aquellas estructuras que te han servido para su identificación.

21. Incorpora en el diagrama anterior los tejidos vasculares.


(x 350)

6 El medio interno

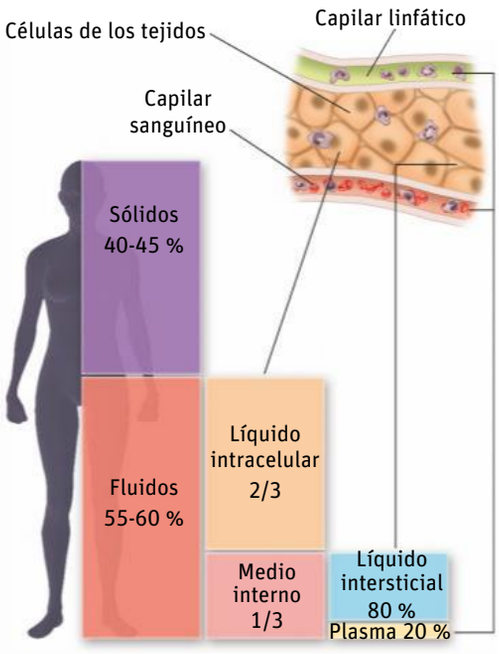


Figura 3.24. Distribución respecto a la masa de los fluidos corporales en un humano adulto.

Los organismos unicelulares realizan sus intercambios de sustancias directamente con el medio en el que viven, pero la mayor parte de las células de un organismo pluricelular no está en contacto directo con el medio externo.

La organización pluricelular hace indispensable la existencia de un medio líquido, denominado **medio interno**, que rodea a sus células y hace de intermediario entre el medio externo y el medio intracelular.

- **En los vegetales**, el medio interno está formado por líquidos que circulan a través de los espacios intercelulares y por el interior de los vasos del xilema y el floema. Así llegan a las células fotosintéticas, el agua y las sales minerales, y después se reparten por todo el vegetal los compuestos orgánicos resultantes de la fotosíntesis y otras sustancias.
- **En los animales** con un sistema circulatorio cerrado, el medio interno lo forman el **plasma sanguíneo** y el **líquido intersticial**. El plasma está en el interior de los vasos sanguíneos y linfáticos, y el líquido intersticial ocupa el espacio entre las células.

El poseer medio interno tiene enormes ventajas para los organismos pluricelulares ya que proporciona a las células un ambiente adecuado para su funcionamiento:

- Permite el **intercambio** de sustancias entre las diferentes células. Cada célula, o cada grupo de células, proporciona algo que todas las demás necesitan.
- Proporciona unas condiciones estables y por ello una relativa **independencia del organismo** con respecto a las variaciones que se producen en el medio exterior.

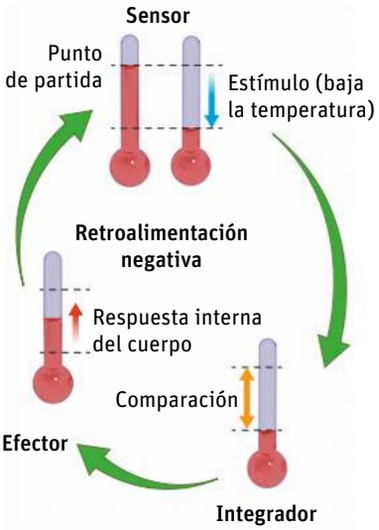
COMPARAR

22. La retroalimentación negativa

Al igual que un termostato en un sistema de calefacción, cada uno de los sistemas reguladores del medio interno tiene un punto de partida, un valor normal. Por ejemplo, en la mayoría de los mamíferos, el punto de partida para la temperatura corporal está entre 35 y 39 °C; este valor normal se mantiene con pequeñas variaciones a pesar de los cambios ambientales.

a) Describe el papel que desempeñan el sensor, el integrador y el efector en el mantenimiento de la temperatura corporal tras una brusca bajada de la temperatura.

b) ¿Por qué crees que se denomina "retroalimentación negativa" a este mecanismo de control?



6.1. La homeostasis

El medio interno solo puede realizar adecuadamente sus funciones si sus características se mantienen de forma permanente dentro de unos límites estrechos.

La **homeostasis** es el conjunto de procesos fisiológicos que mantienen estables, dentro de unos límites, las características del medio interno.

En los animales, esta estabilidad se mantiene por la actividad coordinada de los sistemas circulatorio, nervioso y hormonal y, en particular, por órganos que realizan intercambios con el medio externo como los riñones, la piel, los pulmones o el tubo digestivo. Algunos de los parámetros controlados por la homeostasis son: la cantidad de glucosa, agua y sales minerales de la sangre y la temperatura corporal.

ACTIVIDADES

23. ¿Qué porcentaje de los líquidos corporales de una mujer adulta forman parte del medio interno? ¿Dónde se localizan?

24. ¿Qué es la homeostasis? Pon ejemplos de parámetros biológicos que están bajo control homeostático.

7 Los niveles de organización

En un organismo pluricelular, las **células** con funciones parecidas están organizadas formando **tejidos**.

A su vez, distintos tipos de tejidos se combinan formando unidades estructurales superiores llamadas **órganos** que cumplen funciones más especializadas que los tejidos. Por ejemplo, el corazón es un órgano formado por tejido muscular cardíaco, tejidos conectivos, epitelios y tejido nervioso, y su función es contraerse para impulsar la sangre a circular.

Los órganos, como el corazón o el estómago, forman parte de unidades más complejas denominadas **sistemas de órganos** o **aparatos**. Un sistema está formado por grupos de órganos que trabajan juntos para desarrollar una de las funciones básicas de un organismo, como la circulación o la digestión.

Los diferentes sistemas trabajan juntos para sostener la vida de un **organismo**.

Células, tejidos, órganos, sistemas de órganos y organismos son distintos **niveles**, o grados de complejidad, en los que se organiza la materia viva. Por debajo del nivel celular existen otros niveles de organización, abióticos, como el nivel atómico y el molecular. Del mismo modo, también los hay por encima del nivel de organismo, como el nivel de poblaciones y el de ecosistemas.

En la Web

Aquí encontraras un sencillo recorrido por los sistemas humanos.

www.e-sm.net/svbg1bach03_04

7.1. Una organización jerárquica

En la materia viva existe una organización jerárquica compleja y exclusiva. Esta organización se caracteriza por:

- **Cada nivel está formado por unidades del nivel inferior precedente**. En una célula, por ejemplo, las macromoléculas se organizan formando ribosomas, cromosomas o membranas. Estos complejos macromoleculares se combinan a su vez de diversas formas para constituir estructuras subcelulares, denominadas orgánulos, como los cloroplastos.
- **No todas las propiedades de un nivel pueden deducirse del conocimiento de las propiedades de las partes que lo componen**. Por ejemplo, la tensión arterial o la temperatura corporal son propiedades del nivel de organismo; es imposible predecir la presión sanguínea o la temperatura de una persona a partir del estudio de las características de los sistemas de órganos.

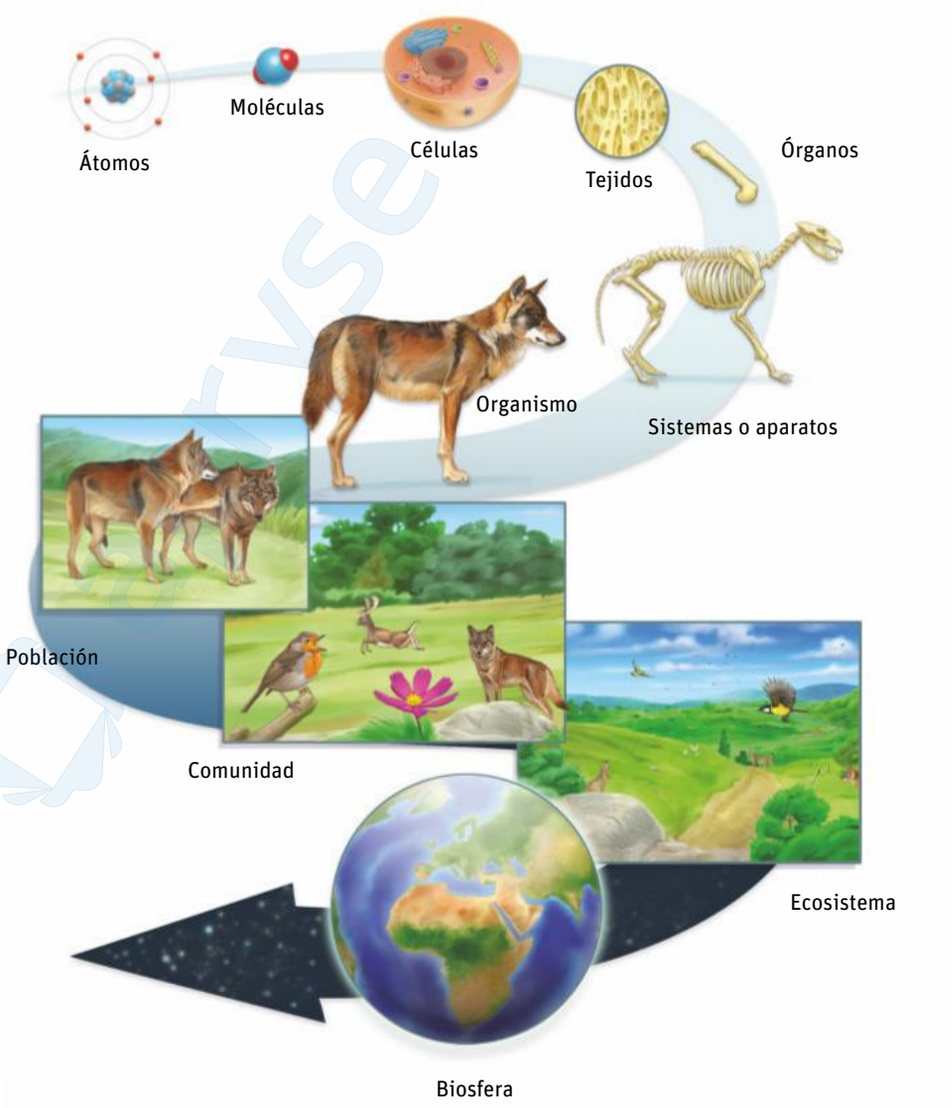


Figura 3.25. La organización jerárquica de la materia viva incluye niveles bióticos y abióticos.

La aparición de nuevas características en un nivel de organización se conoce como **emergencia**. Tales características se denominan **propiedades emergentes** y surgen de las interacciones entre las partes componentes del nivel inferior. La tensión arterial o la temperatura corporal son propiedades emergentes del nivel de organismo. Así, podemos concluir que el todo es más que la suma de las partes.

ACTIVIDADES

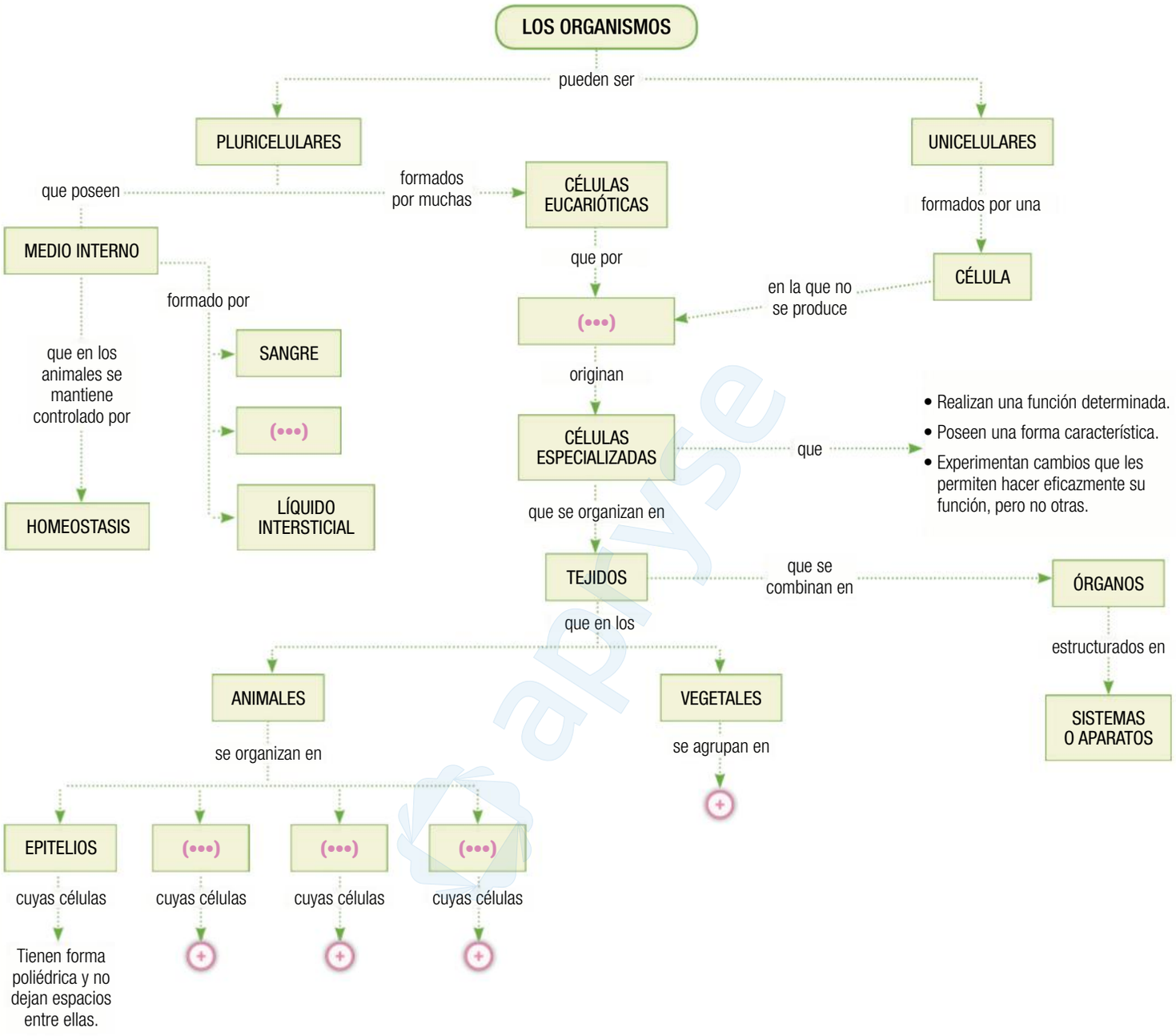
25. ¿A qué se denominan propiedades emergentes? ¿Cómo surgen?

26. Nombra alguna propiedad emergente del nivel celular.

ACTIVIDADES

Síntesis

27. Completa en este mapa conceptual los términos que faltan (•••) y los fragmentos que debes desarrollar ⊕. Puedes realizar la actividad en tu cuaderno.



Aplicación y relación

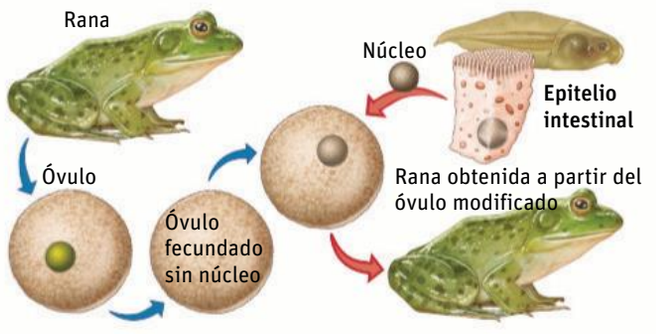
28. En 1966 el científico británico John Gurdon realizó una experiencia revolucionaria.

Sacó el núcleo a una célula de piel del intestino de un renacuajo y lo introdujo en el óvulo fecundado de una rana al que antes le había extraído su núcleo.

Tras el desarrollo, el óvulo modificado originó una rana completamente normal.

Gurdon había clonado una rana, aunque en aquella época nadie hablaba de clonación.

Explica qué prueban los resultados obtenidos en esta experiencia.

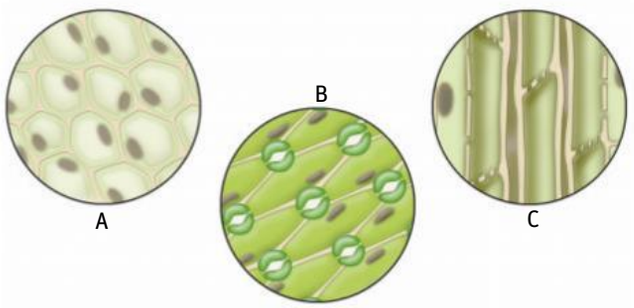


apyse

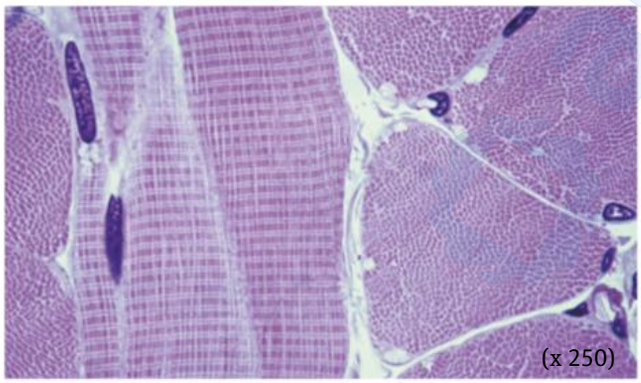
29. Relaciona en el cuaderno los términos que figuran en las dos columnas. Cada término de una columna puede tener relación con uno o más de los términos de la otra columna.

Orgánulo •	• Gaviota
	• Fibra muscular
Célula •	• Paramecio
	• Parénquima
Tejido •	• Cloroplasto
	• Lisosoma
Órgano •	• Pulmón
	• Tallo
Organismo •	• Epidermis

30. Indica a qué tejido vegetal corresponde cada uno de los siguientes esquemas. Explica qué características te han permitido su identificación.



31. Dibuja un esquema a partir de la siguiente microfotografía de un tejido animal.



a) Nombra sobre el esquema los diferentes tipos celulares y aquellas estructuras que reconozcas.

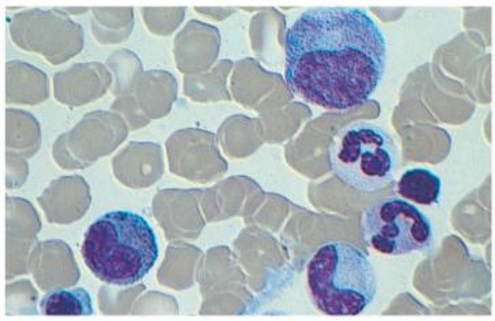
b) Indica a qué tipo de tejido corresponde.

c) Explica los pasos que has seguido para su identificación.

32. Copia y completa el siguiente cuadro resumen de las características de los diferentes tejidos vegetales.

Tejido	Tipos	Tipo/s de células	Localización	Función
•••	•••	•••	•••	•••
•••	•••	•••	•••	•••
•••	•••	•••	•••	•••

33. En la figura aparece la imagen microscópica de una preparación de sangre.



a) Nombra los tipos celulares que aparecen en la preparación.

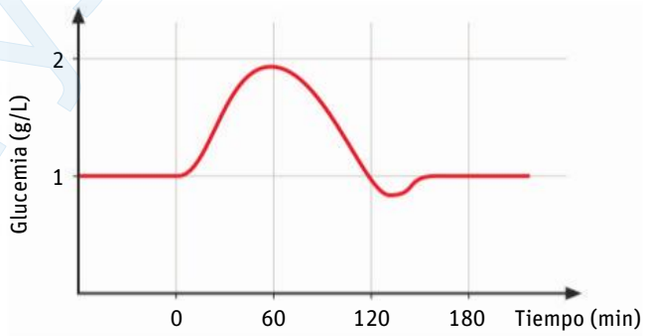
b) Describe las características de estas células.

c) ¿Qué estructura celular destaca más en la imagen?

d) Calcula el tamaño aproximado de un glóbulo rojo.

34. La glucemia es la tasa de glucosa en la sangre. Su valor medio es de 1 g/L y sus valores normales oscilan entre 0,8 y 1,2 g/L en ayunas.

En la gráfica se muestra la evolución de la glucemia de una persona tras haber ingerido una disolución concentrada de glucosa.



a) ¿Qué prueban los datos de la gráfica?

b) ¿Cuál puede haber sido el destino de la glucosa que ha "desaparecido" de la sangre?

Biblioteca global

35. Las células madre

La célula madre por excelencia es el cigoto, capaz de originar todas y cada una de las células de un nuevo individuo.

Aunque esta capacidad disminuye progresivamente durante el desarrollo del embrión, sigue manteniéndose en mayor o menor medida en determinadas células, tanto del embrión como del adulto.

a) Busca información sobre las células madre.

b) Haz una ficha que sintetice los conocimientos que en la actualidad tenemos sobre este tipo de células y su importancia. En todo caso, intenta encontrar las respuestas a las siguientes cuestiones:

- ¿De dónde se pueden obtener células madre? ¿Hay diferencias según su procedencia?
- ¿Cuántos tipos de células madre existen en función de sus capacidades?
- ¿Qué aplicación, presente o futura, tiene este tipo de células?

Aprueba

La ciencia se hace preguntas acerca del mundo natural y busca, y encuentra, respuestas a cuestiones tan importantes como:

¿Qué zonas pueden verse afectadas por el *tsunami* producido tras un terremoto?, ¿cómo podemos evitar el contagio de una enfermedad infecciosa? o ¿cuáles pueden ser las consecuencias del aumento del CO_2 atmosférico? Podría parecer que la ciencia puede darnos la respuesta a cualquier pregunta, pero no es así.

La ciencia no hace juicios morales, los hacemos las personas.

¿Qué opinas sobre la investigación con células madre?

Hay preguntas para las que la ciencia no tiene respuesta.

COSAS QUE LA CIENCIA NO PUEDE HACER:

La ciencia no hace juicios morales.

La ciencia nos ayuda a conocer mejor el mundo natural y proporciona argumentos sólidos a nuestras opiniones y decisiones. Pero la ciencia no emite juicios sobre si un asunto es correcto o incorrecto, o si es bueno o malo.

→ Una persona podrá considerar la investigación con células madre procedentes de embriones humanos correcta o incorrecta, buena o mala. Dependerá de la concepción que tenga de la naturaleza humana, es decir, de qué considere que es un ser humano y cuándo comienza a serlo.

La ciencia no nos dice cómo usar el conocimiento científico.

Aunque los científicos suelen preocuparse por la forma en que se utilizan sus descubrimientos, la ciencia no indica lo que debe hacerse, o no, con ellos.

→ La investigación de las células madre, junto a la técnica de la clonación, ha abierto la posibilidad de clonar embriones humanos. Pero la ciencia no nos dice si ese conocimiento lo debemos usar, o no, para hacer copias de una persona.

La ciencia no saca conclusiones acerca de asuntos sobrenaturales.

Hay creencias que por su propia naturaleza, como la existencia de fuerzas y seres sobrenaturales, que la ciencia no puede probar o refutar.

→ Una persona recuperada de una grave dolencia tras someterse a un trasplante de médula ósea puede creer que en su curación han intervenido entidades sobrenaturales. La ciencia no podrá ni probar ni refutar su creencia.

Conclusión: La ética o las creencias religiosas no son ciencia, pero poseen una gran influencia sobre las sociedades humanas y sobre cómo estas sociedades interactúan con la ciencia.

ACTIVIDADES

36. Busca ejemplos de descubrimientos científicos de los que se hayan derivado aplicaciones que consideres incorrectas.

37. Después de trabajar esta página ¿se te ocurre algún otro tipo de cuestiones sobre las que la ciencia no tenga respuestas?

38. Busca y explica algún ejemplo histórico sobre cómo la ética o la religión han influido sobre el progreso de la ciencia.

39. Dividíos en pequeños grupos, buscad información y debatid sobre el desarrollo de la energía atómica a la luz de lo expuesto en esta página sobre los límites de la ciencia.

El mismo conocimiento científico ha servido de base para fabricar la bomba atómica y para desarrollar terapias contra el cáncer.

Pasteur y el fin de la generación espontánea

"Ese agua, esa esponja, esas gasas con las que lavan y cubren ustedes una herida depositan en ella gérmenes que se propagan con extremada facilidad por los tejidos y matarían con toda seguridad a los operados…"

Así se dirigía el químico francés Louis Pasteur (1822-1895) a un atento público plagado de escépticos cirujanos, pero preocupados porque más del 50 % de sus pacientes morían tras una operación. ¿Qué había hecho este químico para ser escuchado por tan eminente auditorio?

Pasteur... ización

Aunque Pasteur era químico de formación, sus estudios sobre los problemas que afectaban a la industria de la fabricación del vino le acercaron al mundo de los seres vivos. Sus trabajos sobre las fermentaciones llevaron a Pasteur a plantearse cómo controlarlas y cuál era su origen.

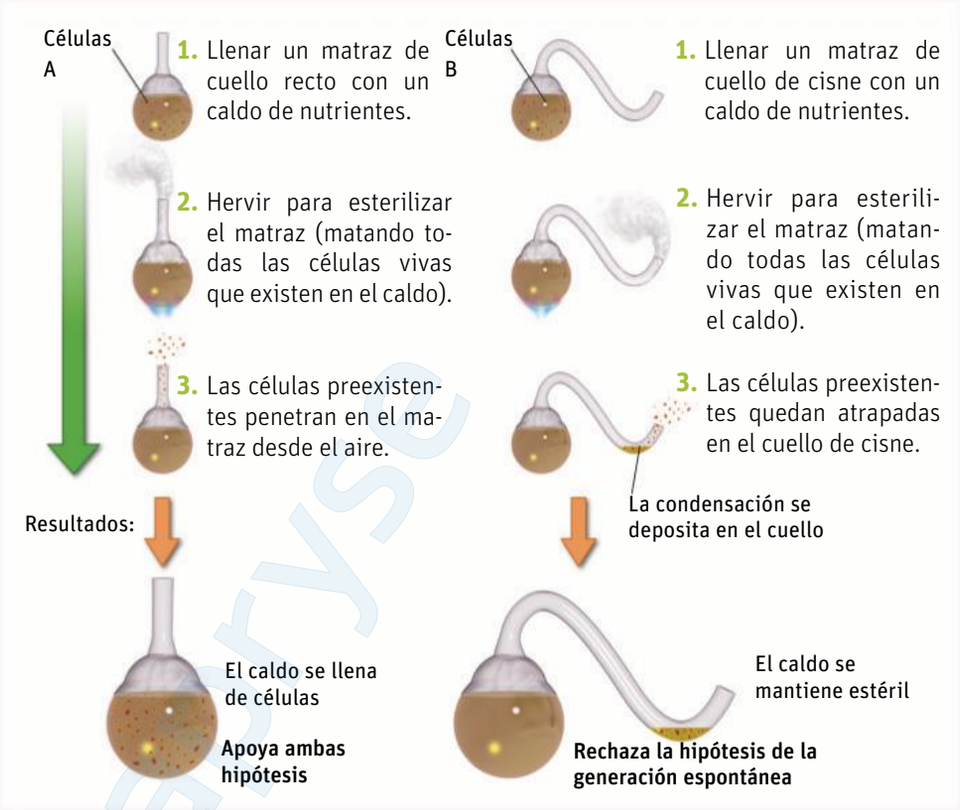
El control de las fermentaciones acabó con la generalización de un proceso clave para la alimentación humana, cuyo nombre hoy vemos en las etiquetas de envases de los supermercados: pasteurización.

El descubrimiento de que las fermentaciones estaban producidas por microorganismos, frente a la idea dominante en la época de que se trataba solo de procesos químicos, le metió de lleno en la polémica de la generación espontánea.

Un experimento eficaz

La mayoría de los científicos de mitad del siglo XIX creía que los organismos surgían espontáneamente a partir de la materia no viva. La generación espontánea, parecía confirmada por la observación que permitía ver cómo aparecían gusanos en la carne o ranas en el barro tras una lluvia.

Entre 1860 y 1862 Louis Pasteur realizó una serie de experimentos con los que pretendía determinar si pueden surgir microorganismos espontáneamente en un caldo de nutrientes, o bien si solo aparecen cuando el caldo se expone a una fuente de células.



Experimentos de Pasteur en matraz de cuello recto (A) y cuello cisne (B).

Los resultados de sus experiencias permitieron desterrar de forma definitiva la idea de la generación espontánea. Aunque eso solo fue el principio.

La refutación de la teoría de la generación espontánea abrió el camino a la medicina moderna.

En beneficio de la humanidad

Muchos de los avances conseguidos durante los últimos cien años en medicina preventiva, en la higiene y la medicina social, en la vacunación y la quimioterapia, en definitiva, en la actitud ante el enfermo y su atención, tienen su origen en los hallazgos de Pasteur.

Pasteur poseía una fe inquebrantable en el progreso científico como motor del avance social y de mejora de la vida.

Pocos, muy pocos sabios han conseguido lo que Pasteur logró con su obra: aumentar de forma considerable nuestra esperanza de vida. ■

En la Web

Biografía de Pasteur.

www.e-sm.net/svbg1bach03_05

ACTIVIDADES

40. ¿En qué se diferencian los dos experimentos de Pasteur que aparecen en la imagen?

41. En experimentos anteriores, el tubo, en lugar de tener forma de S, estaba cerrado herméticamente. Aunque el resultado fue el mismo la comunidad científica lo censuró diciendo que no podía rechazarse la generación espontánea. ¿Cuál crees que pudo ser el motivo de su rechazo?